Untersuchungen über die Verwertung natürlicher und künstlicher Nahrung durch Regenbogenforellen verschiedenen Alters und unter verschiedenen Bedingungen

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der Philosophischen Fakultät der
Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Von

Wolf Oskar Cornelius

aus Stolp

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Februar 1933
Tag der Promotion: 14. Oktober 1933

1933

Druck von J. Neumann-Neudamm

576

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Referenten: Prof. Dr. Richard Hesse
Prof. Dr. Carl Zimmer

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533918_0087

Aus der Preuß. Landesanstalt für Fischerei in Berlin-Friedrichshagen.

XXV. Untersuchungen über die Verwertung natürlicher und künstlicher Nahrung durch Regenbogenforellen verschiedenen Alters und unter verschiedenen Bedingungen.

Von

Dr. W. O. Cornelius.

Mit 4 Abbildungen, 5 Kurventafeln und 21 Tabellen.

Inhaltsübersicht.

Seite

A. Einleitung und Fragestellung 536
B. Methodik 539
I. Die Versuchsanlage 539
II. Die Versuchsforellen 541
III. Das Versuchsfutter 541
IV. Bestimmung von Gewicht und Länge der Versuchsforellen 542
V. Berechnung 542
C. Untersuchungen über die Höhe des Nahrungsquotienten 544
I. Eigene Untersuchungen 544
a) Einfluß der Nahrung im Laufe der Entwicklung 544
1. Fütterungen von Brut (qualitativ und quantitativ) 545
α) mit natürlicher Nahrung (Daphnien) 545
β) mit künstlicher Nahrung (Milz) 546
2. Fütterung von Setzlingen (qualitativ und quantitativ) 547
α) mit natürlicher Nahrung (Gammariden, Chironomiden, Mischfutter, Weißfischen, Forellenbrut) 547
β) mit künstlicher Nahrung (Milz) 550
b) Einfluß verschieden hoher Temperatur auf den Nahrungsquotienten 551
c) Einfluß verschieden hohen Sauerstoffgehaltes des Wassers auf den Nahrungsquotienten 558
d) Einfluß verschieden häufiger Fütterung auf den Nahrungsquotienten . . . 559
e) Verdauungszeit verschiedener Futtermittel 561
II. Vergleichende Untersuchungen der Nahrungsquotienten mit denen anderer Fische 562
D. Zusammenfassung 564
Schriftenverzeichnis 565

Abkürzungen.

NQ = Nahrungsquotient,
FP = Futterprozent,
K = Verhältnis von Gewicht zu Länge.

A. Einleitung und Fragestellung.

Aus dem Westen Nordamerikas wurde im Jahre 1882 die zur Familie der Salmonidae gehörige Regenbogenforelle (Trutta iridea W. Gibb.), eine nahe Verwandte unserer einheimischen Bachforelle (Trutta fario L.), nach Deutschland eingeführt. Ihre Verbreitung, insbesondere ihre Verwendung zur Zucht in der Teichwirtschaft läßt sich im wesentlichen darauf zurückführen, daß sich die Regenbogenforelle im Gegensatz zu vielen anderen Süßwasserfischen (z. B. Karpfen und Bachforelle) ähnlich wie unsere Haustiere weitgehend aus ihrer natürlichen Lebensgemeinschaft (Biozönose) herauslösen läßt. Die wichtigsten ökologischen Faktoren, die eine solche Herauslösung gestatten, lassen sich unter Anlehnung an die übliche Terminologie (Hesse 11) in folgendem hervorheben. Drei Faktoren möchte ich besonders herausstellen, die am deutlichsten bei einem Vergleich mit der Bachforelle hervortreten. Erstens kann man die Regenbogenforelle als eurytherm bezeichnen, während Hesse (11) die Bachforelle stenotherm kälteliebend nennt. Zweitens ist die Regenbogenforelle euryphag, während man die Bachforelle mehr als stenophag bezeichnen muß. Drittens möchte ich die Regenbogenforelle beinahe euroxybiont nennen, obgleich Hesse (11) nur Tiere so nennt, die einen Sauerstoffgehalt von 0,25 ccm/l vertragen, während die Bachforelle Schwankungen des Sauerstoffgehaltes im Wasser weit weniger verträgt, also stenoxybiont ist. Diese Kennzeichnung ist nur relativ im Verhältnis zur Bachforelle zu verstehen. Nach dem Gesagten besitzt die Regenbogenforelle eine verhältnismäßig breite ökologische Valenz, sie ist euryök.

Aus diesen ökologischen Besonderheiten der Regenbogenforelle und aus der Möglichkeit ihrer Ernährung mit nur künstlicher Nahrung ergibt sich auch ihre wirtschaftliche Bedeutung (Jaisle 14), und es ist deshalb verständlich, daß sich die Fischereibiologie mit den Lebensbedingungen und besonders auch mit der Ernährung der Regenbogenforelle befaßt hat. Demgemäß finden sich im Schrifttum auch eine ganze Reihe von Angaben und Versuchen über den sogenannten Nahrungskoeffizienten (NK) oder Nahrungsquotienten (NQ). Beide sollen das Verhältnis zwischen Nahrungsaufnahme und Anwuchs an Fischfleisch ausdrücken. Bisher war die Bezeichnung Koeffizient vorherrschend, doch ist man heute schon mehr und mehr dazu übergegangen, die Bezeichnung Quotient zu verwenden (Gaschott 7, Buschkiel 3). Ich werde durchgehend die Abkürzung NQ gebrauchen.

Den Ausführungen über die Aufgaben dieser Arbeit möchte ich zunächst eine kurze Literatur-Übersicht voranstellen.

Der erste Versuch stammt aus dem Jahre 1890. Der Züchter von dem Borne (2) berichtet, daß eine amerikanische Fischzuchtanstalt für Regenbogenforellen einen NQ von 5 bei Fütterung mit gehacktem Rindfleisch feststellte. — 1899 sagt der Züchter Jaffé (13) über Forellen: „Es ist anzunehmen, daß ca. 5 Pfund Leber ein Pfund Fischabwachs erzielen, gegen 8 Pfund Seefischfutter.“ — Weiter berichtet 1900 Seligo (28) für Forellen: „Man nimmt an, daß im Durchschnitt drei Gewichtsteile Fleischfutter ein Gewichtsteil Fischfleisch hervorbringen können, doch sind in der Praxis oft erheblich größere Futtermengen dazu nötig.“ — In demselben Jahre macht der Züchter Arens (1) für Forellen folgende Angabe: „Von diesem Futter (gekochte Seefische, verdickt mit einem Gemisch aus Fleischmehl, Fischmehl, Garneelenmehl und Roggenmehl) gehören je nach Intensität der Mästung sechs

bis zehn Pfund dazu, um ein Pfund Forellenzuwachs zu bringen ....“ — 1901 findet sich eine Angabe für Regenbogenforellen des Züchters Pölzl (19): „Der Nähreffekt bei der Fütterung mit Weißfischen kann etwa auf 25 % des Futtergewichtes angenommen werden.“ — In demselben Jahre wurde in der Fischzuchtgesellschaft „Trogk“ (31) ein Versuch mit Setzlingen der Regenbogenforelle in einem Teich gemacht. Dabei wurde ein NQ von 5—6 bei Fütterung von Lunge und Milz festgestellt. — 1906 macht Schiemenz (24) folgende Angabe für Forellen: „Ich entnehme aus der Literatur, daß die Forelle mit 6 bis 10 Kilo Nahrung 1 Kilo Forellenfleisch bilden soll.“ — Schon etwas genauer ist der von Otterström (17) 1910 mit Forellensetzlingen gemachte Versuch. Bei den Teichversuchen wurde für frische Fische ein NQ von 4,7—5,0, für gefrorene Heringe ein NQ von 3,3—5,6, für rohe Lunge ein NQ von 4,6—6,2 festgestellt. — Ein Jahr später wiederholte Otterström (18) die Versuche unter denselben Bedingungen: NQ für frischen Fisch 4,1—4,6, für gefrorenen Fisch 4,07, für rohe Lunge 4,1, für gekochte Lunge 3,4—3,9. (Die Arbeit ist mir leider im Original nicht zugänglich gewesen.) — Heyking (10) berichtet, daß der NQ für getrocknete und nachher gequellte Seefische 6—7 betrage. — Einen NQ von 56 für Kadavermehl fand Wohlgemuth (39) 1916. — Zwei Jahre später, 1918, stellte Wohlgemuth (40) bei Teichversuchen mit Regenbogenforellen folgendes fest: NQ für Graxenmehl + Trockenblut 46,25, für Kadavermehl + Trockenblut 22,5, für Fleisch- und Blutmehl + Trockenblut 6. — Der Züchter Linke (16) schreibt, daß eine schnellwüchsige Forelle etwa 5 Pfund Fische braucht, um 1 Pfund zuzunehmen (1918). — Im „Merkbuch der Binnenfischerei“ macht Smolian (29) eine Reihe von Angaben: Krebstiere und Plankton NQ = 6—7, frische und getrocknete Meeresfische NQ = 5—8, frisches Säugetierfleisch NQ = 5—8, Blut NQ = 1,5—4, Leber NQ = 5—6, Molkereiprodukte NQ = 10—15, Frischfleischmehle NQ = 1,5—3, Blutmehl und Fischmehl NQ = 1—3, minderwertige Süßwasserfische NQ = 7—10. — Der Züchter Wanke (34, 35, 36) stellte 1924 bei +6,5° R bei Fütterung mit einer Mischung aus Rind-, Pferde- und Fischfleisch einen NQ von 5,7 fest. Ein Jahr darauf für „Salmona“ einen NQ von 6 (im September) und einen NQ von $4^1/_3$ (im Oktober). Endlich berichtet er von einem Versuch des Fischmeisters Wolf, der bei 4—5° R für „Salmona“ einen NQ von 2,7 erzielte. — 1927 hat der Züchter Riggert (21) Versuche mit Regenbogenforellensetzlingen bei 16—20° C gemacht. Für frische Seefische erhielt er einen NQ von 5,6—7,0. — Demoll (6) erreichte 1927 für Regenbogenforellen bei Fütterung mit Seefischen einen NQ von 5,3, nach Mischung mit Sägemehl einen NQ von 4,9. Ferner machte er bei einem anderen Versuch die Feststellung, daß Forellen in einem verhältnismäßig kleinen Teich einen NQ von 10, dieselben Forellen nun auf zwei Teiche verteilt einen solchen von nur 5,1 hatten. — Wundsch (42) sagt 1931, daß bei den Futtermitteln der Forellenmästung nach Angaben von Smolian mit einem NQ von 5—8 gerechnet werden kann. — Buschkiel (3) macht folgende Angaben: NQ für Schweinefleisch = 5, für Blut = 2, für gemengte Schlachthofabfälle = 5,5 (nach Hofer), für Leber = 5,5 (nach Hofer). — Für Trockenmilz errechnete Probst (20) nach einem Fütterungsversuch 1932 einen NQ von 5,1—6,1. — Endlich die Versuche von Gaschott und Probst (8). Bei Fütterung von Seefischen und Schlachthausabfällen mit Mischung verschiedenen Beifutters wurden NQ von 4,7—5,9 erzielt.

Bei kritischer Betrachtung dieser Angaben fällt zunächst ins Auge, daß die Autoren dem Einfluß der Temperatur und dem Sauerstoffgehalt des Wassers auf den NQ wenig Beachtung geschenkt, jedenfalls nur selten diese Faktoren gestreift haben. Scheuring (23) und Buschkiel (4) haben aber nachgewiesen, daß die Einwirkungen wechselnder Temperatur und verschiedenen Sauerstoffgehaltes von großer Bedeutung für den Stoffwechsel sind, was ja von poikilothermen (wechselwarmen) Tieren, zu denen auch die Fische gehören, bekannt ist. Die Werte für den NQ bewegen sich hauptsächlich zwischen 1,5 und 10, auch gehen einige weit darüber hinaus, wie aus umstehender Tabelle 1 ersichtlich ist.

Schwankungen des NQ von 4—10, 3—8 für ein und dasselbe Futtermittel (vgl. Weißfische, Seefische, Säugetierfleisch) sind mehrfach angegeben, woraus offensichtlich hervorgeht, daß die Versuche unter sehr verschiedenen Bedingungen ausgeführt sein müssen. Die Angaben über den NQ beruhen wohl größtenteils auf Vermutungen, während andererseits nicht wie im physiologischen Stoffwechsel-

Tab. 1.

Autor Jahr (Lit. Nr.)	NQ für												
	Weißfische	Fischmehl	Seefische	Salmona	Lunge, Milz	Kadavermehl	Fleisch- u. Blutmehl	Krebstiere Plankton	Säugetierfleisch	Blut	Leber	Garneelenmehl	Molkereiprodukte
von dem Borne 1890 (2)	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—
Jaffé 1899 (13)	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—
Seligo 1900 (28)	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—
Arens 1900 (1)	—	—	6–10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pölzl 1901 (19)	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trogk 1901 (31)	—	—	—	—	5–6	—	—	—	—	—	—	—	—
Otterström 1910 (17, 18)	—	—	4–5	—	3–5	—	—	—	—	—	—	—	—
Heyking 1911 (10)	—	—	6–7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Wohlgemuth 1916 (39)	—	—	—	—	—	56	—	—	—	—	—	—	—
Wohlgemuth 1918 (40)	—	—	—	—	—	22	6	—	—	—	—	46	—
Linke 1918 (16)	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Smolian 1920 (29)	7–10	1,5–3	5–8	—	—	—	1,5–3	6–7	5–8	1,5–4	5–6	—	10–15
Wanke 1924 (34–36)	—	—	—	3–6	—	—	—	—	5–6	—	—	—	—
Riggert 1927 (21)	—	—	5,5–7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Demoll 1927 (6)	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Buschkiel 1931 (3)	—	—	—	—	—	—	—	5,5	5	2	—	—	—
Probst 1932 (20)	—	—	—	—	5–6	—	—	—	—	—	—	—	—
Gaschott 1932 (7)	—	—	4,7–5,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

versuch am Einzeltier gearbeitet wurde, sondern aus dem Verhältnis zwischen Einsatzgewicht und Abfischungsgewicht der gesamten in einem Teich befindlichen Fische und der aufgewandten Futtermenge der NQ berechnet wurde. Dabei ergaben sich aber verschiedene Fehlerquellen. In jedem Fischbestand befinden sich sog. „Trotzer“ und „Geschmacksspezialisten“ (Schiemenz 25); es ist nicht möglich, das nicht gefressene Futter zurückzuwiegen; länger im Wasser liegendes Futter laugt aus und verliert an Wert; neben der künstlichen Fütterung finden die Fische wenn vielleicht auch nur in geringem Maße Naturfutter; die Verlustzahlen abgestorbener Fische sind zwar am Ende des Versuches festzustellen, doch läßt sich nicht nachweisen, ob die Fische zu Anfang oder zu Ende des Versuches eingegangen

sind und somit mehr oder weniger an der Futteraufnahme beteiligt waren. Diese Fehler beeinträchtigen selbstverständlich das Versuchsergebnis und dieses kann daher nicht als exakt bezeichnet werden.

„Der Erfolg in der Aufzucht ist natürlich in allen Fällen davon abhängig, daß der Züchter über die Hauptwachstums- und Entwicklungsperiode der einzelnen Tiergattungen und ihren unterschiedlichen Verlauf bei den einzelnen Rassen und Typen derselben ausreichend unterrichtet ist, um das Normalwachstum und den dabei geforderten Futterbedarf in qualitativer und quantitativer Hinsicht sachgemäß beurteilen und bemessen zu können." (Cronacher 5.) Diese Forderung gilt aber nicht allein für die Züchtung höherer Wirbeltiere, sondern auch für die Fischzucht.

Da nach dem Schrifttum Untersuchungen mit exakter wissenschaftlicher Versuchsanstellung über den NQ nicht vorliegen, ergaben sich für die vorliegende Arbeit folgende Fragen:

1. Wie verwertet die Regenbogenforelle ihre Nahrung im Laufe der Entwicklung?
2. Welchen Einfluß hat verschieden hohe Temperatur auf den Nahrungsquotienten?
3. Welchen Einfluß hat verschieden hoher Sauerstoff-Gehalt des Wassers auf den Nahrungsquotienten?
4. Welchen Einfluß hat verschieden häufige Fütterung auf den Nahrungsquotienten?
5. Wie ist die Verdauungsgeschwindigkeit der Regenbogenforelle bei Verabreichung verschiedener Nahrung?
6. Wann frißt die Forelle?

Da ich hauptsächlich den NQ für das Einzeltier feststellen wollte, so sind die vorliegenden Versuche mit Ausnahme der Brutversuche Einzelversuche. Da weiterhin jedes Tier unter dauernder Kontrolle stehen mußte, wurden die Versuche in Aquarien ausgeführt.

B. Methodik.

I. Die Versuchsanlage.

Die bei den Versuchen verwandten Aquarien hatten einen Inhalt von 16 und 40 l. Die Versuchsanlage ist aus der Abbildung 1 ersichtlich.

Sauerstoffversorgung fand einerseits mit einem schwachen Wassersdurchstrom, andererseits mit einem Durchlüftungsapparat statt. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, daß die Fische sich nicht gegenseitig sehen und dadurch beunruhigen konnten, was teils durch zwischen die Aquarien geklemmtes Papier, teils durch Algenbewuchs erreicht wurde.

Bei der Fütterung von Brut wurden Langstromtröge mit etwa 90 l Inhalt verwendet, die einen schwachen Wasserdurchstrom erhielten.

Gegen Aquarienversuche werden verschiedene Einwände gemacht. Da die Versuchstiere in Aquarien unter Bedingungen gestellt werden, die in keiner Weise

ihrem natürlichen Lebensraum (Biotop) entsprechen, erscheint eine Übertragung der Ergebnisse auf die natürlichen Verhältnisse oftmals nicht gerechtfertigt.

Diese Bedenken sind bei der Regenbogenforelle im Gegensatz zu anderen Fischen nicht so hoch einzuschätzen. Die Regenbogenforelle ist ein Fisch, der bereits in kleinen Teichen auf engstem Raum in großer Zahl gehalten und gefüttert wird und daher, wie bereits auf Seite 536 erwähnt, weitgehendst aus seiner Lebensgemeinschaft (Biozönose) und seinem Lebensraum (Biotop) herausgelöst ist. Lediglich auf künstliche Fütterung angewiesen steht sie fast den ganzen Tag ohne viel Bewegung ruhig in der Nähe der Fütterungsstelle, wofür ich aus eigenen Versuchen einige Beobachtungen anführen möchte.

In einem Teich von rund 90 qm Wasserfläche hatte ich 2000 Stück Brut ausgesetzt und fütterte sie mit Milz. Die Forellen standen den ganzen Tag in

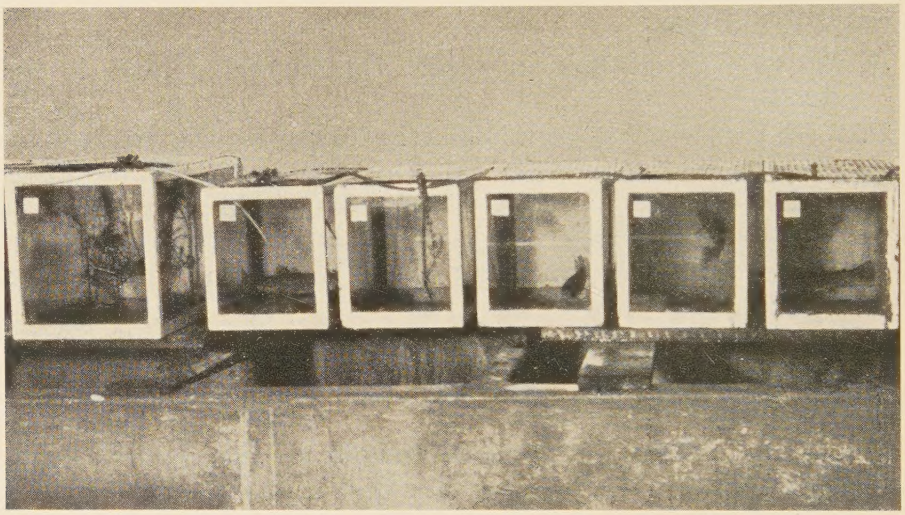


Abb. 1.

unmittelbarer Nähe des Futterplatzes, kamen zur Fütterung sofort herbei, um sich dann wieder auf den alten Platz zu stellen. $^2/_3$ des Teiches wurden dabei gar nicht ausgenutzt. Weiter stellte ich bei Versuchen in zwei verschieden großen Aquarien mit derselben Forelle fest, daß der NQ in dem kleinen Aquarium von 16 l Inhalt der gleiche war wie der in einem 60 l fassenden, was aus Tabelle 2 ersichtlich ist.

Dazu muß noch bemerkt werden, daß ich in dem großen Aquarium eine Steinhöhle gebaut hatte, aus der die Forelle nur zur Futteraufnahme herauskam. Dies deutet auch darauf hin, daß die Forelle ein ausgesprochener Standfisch ist, sich also auch in ihrem natürlichen Lebensraum in einem verhältnismäßig engen Raum bewegt. Hoffbauer (12) hat nachgewiesen, daß sich Regenbogenforellen im Gegensatz zu Karpfen ausgezeichnet für Aquarienversuche eignen.

Erwähnen möchte ich auch noch das besonders gute Wachstum der Forellen im Aquarium des Zoologischen Gartens in Berlin. Somit scheint mir die „Raumfaktorfrage“ bei der Regenbogenforelle noch weniger als beim Hecht (Scholz 27)

Tab. 2.

Versuchs-	Nr.	8	8
	Anfang	20. I. 32	7. II. 32
	Ende	6. II. 32	17. II. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	9,3	9,4
	O_2 mg/l	9,0	9,0
	Raum l	16	60
Nahrung	Art	Weifi	Weifi
	Menge	12,3	13,9
	Tgl. Aufn. v. H.	4,2	4,1
Gewicht	Anfang	27,6	33,2
	Ende	33,2	40,3
	Zuwachs	5,6	7,1
Nahrungsquotient		2,09	1,96

die Bedeutung zu haben, wie es bei anderen Fischen, z. B. Bachforelle (Willer 37) sicher der Fall ist.

Ein Vergleich der Versuchsergebnisse mit den in Fischteichen gewonnenen Ergebnissen scheint mir durchaus gerechtfertigt, abgesehen davon, daß es bei der Feststellung der NQ am Einzeltier bei Beachtung aller in Betracht kommenden Faktoren gar nicht anders möglich ist als im Aquarium zu arbeiten.

II. Die Versuchsforellen.

Die ein- und zweisömmerigen Versuchsforellen stammten aus dem Fischbruthaus Spechthausen der Forstlichen Hochschule Eberswalde und dem Gräflich von der Schulenburgschen Waldgut Lieberose.

Für die Brutversuche bezog ich aus der Fischzuchtanstalt des Herrn Kuhlmey in Werdermühle Eier, die in kalifornischen Bruttrögen unter guter Pflege erbrütet wurden.

III. Das Versuchsfutter.

Als Versuchsfutter wurde im wesentlichen Naturfutter verwandt. Die Hauptnahrung der Forelle besteht nach Schiemenz (26) aus Gammariden, Trichopteren, Ephemeriden und Chironomiden. Bei den vorliegenden Versuchen wurde mit Gammariden, Chironomiden (Chironomus gregarius), Daphnien und kleinen Fischen gefüttert. Besondere Beachtung schenkte ich der Verabreichung möglichst frischer Nahrung. Vor der Verfütterung wurden Gammariden, Chironomiden und Futterfische gründlich auf Fließpapier abgetrocknet und gewogen, was in einer Zeit von ½ bis 1 Min. ohne Schädigung geschehen konnte. Daphnien, welche ein Abtrocknen nicht vertrugen, mußten in einem mit einer Marke versehenen Gefäß abgemessen werden. Der Inhalt entsprach einer bestimmten Menge abgetrockneter Daphnien.

Als künstliche Nahrung verabreichte ich Rindermilz, die nach Smolian (29) ihrer Zusammensetzung nach der natürlichen Nahrung am besten entspricht. Die

Milz ließ sich leichter behandeln, da sie nach säuberlicher Lösung von Haut und Sehnen fein geschabt und dann gewogen werden konnte.

Die Wägung der verschiedenen Nahrung fand auf einer analytischen Wage mit einer Genauigkeit bis zu $^1/_{1000}$ g statt.

IV. Bestimmung von Gewicht und Länge der Versuchsforellen.

Anders geschah die Wägung der Versuchsforellen. Um die Tiere zu schonen, wurden sie möglichst schnell und vorsichtig abgetrocknet und darauf in einem mit Wasser gefüllten, abtarierten Glasgefäß auf einer Balkenwage gewogen. Die Wägung erfolgte unter Anlehnung an das von Wundsch (43) gegebene Verfahren mit $^1/_{100}$ g Genauigkeit. Die Längenmessung fand mit einem gewöhnlichen Zentimetermaß von der Kopfspitze bis zur äußersten Spitze der Schwanzflosse und zwar abgerundet auf volle Millimeter statt.

Um Aufschluß über den Umfang der Abweichungen bei Wägung und Messung zu bekommen, wurde eine Forelle zehnmal nacheinander abgetrocknet, gemessen, gewogen und wieder ins Wasser gesetzt. Dabei stellte sich heraus, daß die Abweichungen sowohl bei der Messung als auch bei der Wägung verschwindend klein waren. Mit dem gleichen Erfolg fiel eine Probewägung des Versuchsfutters aus. Die sich bei der Wägung und Messung ergebenden geringfügigen Fehler können also bei der Auswertung unberücksichtigt bleiben.

V. Berechnung.

Wie schon früher erwähnt, soll der NQ das Verhältnis zwischen der vom Fisch aufgenommenen Nahrung und dessen Zuwachs ausdrücken. Der Verlauf eines Versuches und die Berechnung des NQ sei an Hand eines Beispiels erläutert.

Tab. 3.

Versuchs-	Nr.	1
	Anfang	4. I. 32
	Ende	15. I. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	9,0
	O_2 mg/l	8,9
	Raum l	16
Nahrung	Art	Gamm.
	Ges. Gew.	4,335
	Tgl. Aufn. v. H.	3
Länge	Anfang	13,35
	Ende	13,45
	Zuwachs	0,1
Gewicht	Angfang	18,6
	Ende	20,0
	Zuwachs	1,4
$K = \frac{100 \cdot p}{L^3}$	Anfang	0,78
	Ende	0,82
Nahrungsquotient		3,09

Erwähnt muß werden, daß die Forellen vor Beginn eines jeden Versuches einige Tage an das betreffende Futter gewöhnt wurden. Mit Ausnahme von nur 2 Fischen, bei denen eine längere Gewöhnung nötig war, nahmen alle anderen das gereichte Futter sofort und ohne Scheu auf. Vor Versuchsbeginn wurden die Forellen in der vorher beschriebenen Weise gewogen und nach Einsetzen in das Aquarium mit genau abgewogenen Futtermengen gefüttert. Dabei erhielten die Fische nur immer kleine Portionen, um die Nahrungstiere, die nunmehr ohne Futter lebten, nicht an Gewicht verlieren zu lassen. Blieb das Futter dennoch längere Zeit ungefressen, so wurde es zurückgewogen und neues, frisches gegeben. Nach Beendigung des Versuches fand abermals eine Wägung der Forelle statt, wonach ihre Zunahme berechnet werden konnte. In dem angegebenen Beispiel betrug diese 1,4 g, die während des Versuches gefressene Menge an Gammariden 4.335 g. Aus der Teilung der beiden Zahlen ergab sich der NQ in Höhe von 3,09 $\left(\frac{4{,}335}{1{,}4} = 3{,}09\right)$.

Die täglichen Futterprozente (FP) errechnete ich aus dem Verhältnis der täglichen Fraßmenge (0,4 g) zum Durchschnittsgewicht des Fisches während des Versuches (19,3 g) in Höhe von 2 v. H. $\left(\frac{0{,}4}{19{,}3} = 0{,}02\right)$.

Die in der Tabelle 3 angegebene Formel von Larsen $K = \frac{100 \cdot p}{L^3}$ stellt das Verhältnis von Gewicht zur Länge des Fisches dar, wobei der Endwert mit der Zahl 100 vervielfacht ist. Die Größe p ist gleich dem Gewicht und L gleich der Länge. Huitfeldt-Kaas (nach Schäperclaus 22) gibt an, daß der Faktor K für Bachforellen fast genau gleich 1 zu setzen ist. Er zeigt den jeweiligen Ernährungszustand der Forelle an. Bei meinen Versuchen stellte sich heraus, daß die Verhältnisse bei der Regenbogenforelle anders liegen.

In Tabelle 4 sind einige Ergebnisse über den Faktor K zusammengestellt.

Tab. 4.

Brut				Setzlinge			
Forelle Nr.	Gewicht g	Länge cm	$K = \frac{100 \cdot p}{L^3}$	Forelle Nr.	Gewicht g	Länge cm	$K = \frac{100 \cdot p}{L^3}$
75	1,9	5,9	0,92	53	42,8	18,0	0,73
74	1,46	5,4	0,94	32	11,5	11,4	0,78
73	1,22	5,0	0,98	29	24,2	14,2	0,84
71	1,5	5,4	0,99	13	8,95	9,9	0,91
77	1,3	5,0	1,02	20	10,0	10,0	1,0
76	2,4	6,1	1,05	23	35,8	14,7	1,1

Diese aus der Reihe der Versuche herausgegriffenen Ergebnisse zeigen Schwankungen von 0,92—1,05 für Brut und 0,73—1,1 für Setzlinge. Sie stehen also im Gegensatz zu der von Huitfeldt-Kaas für Bachforellen angegebenen Zahl 1. Vermutlich ist dieser Unterschied darauf zurückzuführen, daß unter dem Namen „Iridea" die verschiedenartigsten Forellen eingeführt wurden, so Salmo shasta und Salmo irideus (Ehrenbaum 7). Kreuzungen sind selbstverständlich überall

vorgekommen, und es ergibt sich, daß innerhalb eines Fischbestandes verschieden geartete Tiere zusammen leben, die dann auch unterschiedliche Ergebnisse für den Faktor K bedingen.

In Tabelle 5 sind einige Versuchsreihen verzeichnet, in denen mit derselben Forelle mehrere Versuche nacheinander ausgeführt worden sind. Aus der Tabelle könnte man folgern, daß der Faktor K mit dem Wachstum der Forelle steigt. Da mir aber zu wenig Zahlenmaterial in dieser Hinsicht zur Verfügung steht, möchte ich keine bindenden Schlüsse daraus ziehen, doch zum mindesten auf die Schwankungen des Faktors K an Hand der gegebenen Zahlen hinweisen. Weitere Untersuchungen in dieser Hinsicht auszuführen, ging über den Rahmen dieser Arbeit hinaus.

Tab. 5.

Forelle		Versuch Nr. I	II	III	IV	V	VI
Nr. 20	Zeit	13.III.–26.III.	27.III.–9.IV.	11.IV.–24.IV.	26.IV.–17.V.	18.V.–1.VI.	1.VI.–13.VI.
	K	0,94	0,90	0,95	1,0	1,1	1,1
Nr. 21	Zeit	13.III.–26.III.	27.III.–9.IV.	11.IV.–24.IV.	26.IV.–17.V.	18.V.–1.VI.	
	K	0,79	0,89	0,94	0,93	1,0	
Nr. 22	Zeit	29.III.–11.IV.	13.IV.–26.IV.	28.IV.–17.V.	18.V.–1.VI.		
	K	0,98	1,0	1,0	1,1		
Nr. 23	Zeit	29.III.–11.IV.	13.IV.–26.IV.	28.IV.–17.V.	18.V.–1.VI.	1.VI.–9.VI.	
	K	0,99	0,99	1,0	1,1	1,1	

C. Untersuchungen über die Höhe des Nahrungsquotienten.

I. Eigene Untersuchungen.

a) Einfluß der Nahrung im Laufe der Entwicklung.

Die Fütterungsversuche mit Brut unterschieden sich dadurch von den Versuchen mit Setzlingen, daß sie nicht am Einzeltier ausgeführt wurden. Die geringe tägliche Fraßmenge, bei deren Wägung Ungenauigkeiten entstanden wären, ferner die Tatsache, daß die eben fraßfähig gewordene Brut ein Abtrocknen zur Wägung nicht aushielt, zwangen dazu, Versuche mit einer größeren Anzahl von Fischen anzusetzen. Die Durchführung stieß zunächst besonders bei Milzfütterung auf große Schwierigkeiten. Es war nicht möglich, die feinverteilte Milz die nicht gefressen wurde, aufzufangen und zurückzuwiegen, ganz abgesehen davon, daß die Milz im Wasser stark quillt und dabei an Gewicht zunimmt. Nach genauer Überlegung entschloß ich mich zu folgendem Verfahren. In einige 90 l fassende „Langstromtröge" setzte ich je 1500 Stück eben freßfähig gewordene Brut. Zur Gewichtsfeststellung der Forellen entnahm ich 100 Stück, wog sie in der oben (S. 542) beschriebenen Weise und errechnete daraus das Durchschnittsgewicht für die einzelne Forelle. Die gewogenen Tiere gingen größtenteils ein, sie wurden daher alle beseitigt, um keine beschädigten Forellen im Versuch zu haben. Nahrung gab ich viermal am Tage im Abstand von 3 Stunden, indem ich fein geriebene

Milz in den ständig von einem Wasserstrom durchflossenen Trog hineingab. Jede Fütterung dauerte etwa 45 Minuten, wobei ständig frische Milz gereicht wurde. Nach Beendigung einer jeden Fütterung entfernte ich die Milzreste durch einen vorübergehend stärkeren Wasserdurchstrom und wenn nötig durch Absaugen mit einem Gummischlauch. Um die von der einzelnen Forelle gefressene Menge festzustellen, entnahm ich vor und nach jeder Fütterung je 8 Forellen, wog sie und berechnete aus dem Gewichtsunterschied die gefressene Futtermenge. Dabei stieß ich zunächst wieder auf Schwierigkeiten, denn es kam vor, daß das Fraßgewicht der 8 Forellen täglich Unterschiede aufwies, was dadurch zu erklären ist, daß die Forellen besonders im ersten Fraßstadium sehr stark auseinanderwachsen (vgl. Abb. 2) und ich vor der Wägung etwas größere Forellen gefaßt hatte. Da aber mit einem sehr großen Material gearbeitet wurde, glich sich dieser Fehler im Laufe der Versuche von selbst aus. Als Beweis hierfür mögen die in Tabelle 6 und 7 angegebenen NQ dienen, die nur wenig voneinander abweichen.

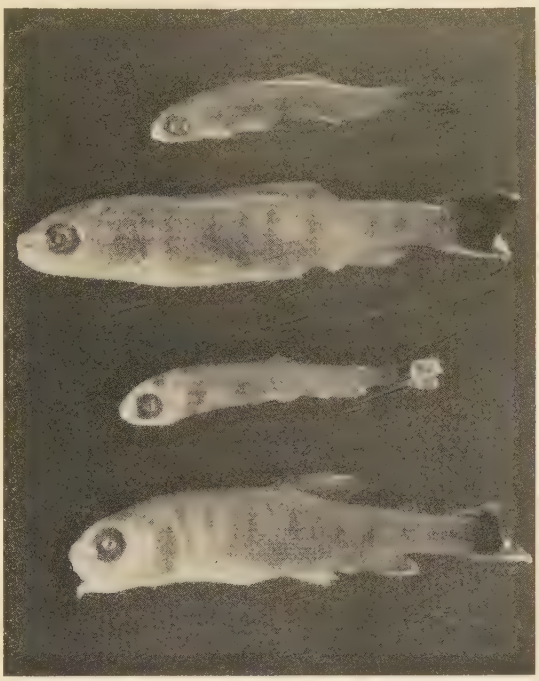


Abb. 2.

Nach Beendigung des Versuches wog ich abermals 100 Forellen und berechnete das Durchschnittsgewicht für das einzelne Tier.

Dasselbe Verfahren wandte ich auch bei der Fütterung mit Daphnien an.

1. Fütterung von Brut (qualitativ und quantitativ).

α) Fütterung von Brut mit natürlicher Nahrung (Daphnien).

Die Tabelle 6 zeigt Fütterungsversuche mit Daphnien. Die ersten 3 Versuche sind unter den gleichen Bedingungen ausgeführt und ergaben einen NQ von 5—5,3. 5 Gewichtsteile Daphnien braucht demnach die Forelle, um 1 Gewichtsteil zuzunehmen. In einem besonderen Abschnitt werde ich noch auf die kalorimetrische Auswertung der NQ zurückkommen (S. 555). Die Versuche führte ich bei 13° C und einem Sauerstoffgehalt von 7,5 mg/l aus. Die Futterprozente (FP) betrugen 20,8—25,0 v. H. Demnach fraßen die kleinen, eben freßfähig gewordenen Forellen täglich 22 v. H. ihres Eigengewichtes. Für die Versuche Nr. 108 und 109 wählte ich besonders gut gewachsene Tiere aus und fütterte sie bei 17° C. Die NQ

Tab. 6.

Versuchs-	Nr.	103	104	105	108	109
	Anfang	27. V. 32	27. V. 32	10. VI. 32	19. VI. 32	19. VI. 32
	Ende	10. VI. 32	10. VI. 32	17. VI. 32	30. VI. 32	30. VI. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	13	13	13	17	17
	O_2 mg/l	7,5	7,6	7,4	8,2	8,2
	Raum l	95	95	95	95	95
Nahrung	Art	Daphn.	Daphn.	Daphn.	Daphn.	Daphn.
	Menge	0,348	0,332	0,372	2,19	2,19
	Tgl. Aufn. v. H.	20,8	21,0	25,0	38,4	38,0
Gewicht	Anfang	0,079	0,081	0,145	0,35	0,36
	Ende	0,146	0,143	0,22	0,69	0,71
	Zuwachs	0,067	0,062	0,075	0,34	0,35
Nahrungsquotient		5	5,3	5	6,5	6,3

Durchschn. NQ = 5,1 Durchschn. FP = 22
(gilt für Versuch 103—105).

sind hier auf 6,3—6,5 und die FP auf 38 v. H. gestiegen. Cronacher (5) sagt: „Wenn bei bestimmten inneren Wachstumsfaktoren und bestimmten äußeren Wachstumsfaktoren ein ganz bestimmtes Wachstumsergebnis der Organe und des Gesamtkörpers erzielt wird, so wird dieses sich ändern müssen, sobald einer der äußeren Wachstumsfaktoren in irgend erheblicher Weise verändert wird.“ Eine Bestätigung dieses Lehrsatzes, der von Cronacher für höhere Wirbeltiere aufgestellt wurde, ist auch für die Forellen im Hinblick auf den Temperaturfaktor festzustellen. Bei den vorliegenden Versuchen wurde nur die Temperatur geändert, worauf die veränderten NQ und FP zurückzuführen sind. In einem späteren Abschnitt wird diese Frage noch besonders untersucht werden (S. 551). Die verschieden lange Dauer der Versuche ist für die Ergebnisse ohne Bedeutung, da die Regenbogenforelle im Gegensatz zum Hecht (Scholz 27) keine längeren Fraßpausen macht und somit schon in kurzer Zeit gleichmäßig ausreichende Nahrungsmengen aufnimmt.

β) Fütterung von Brut mit künstlicher Nahrung (Milz).

Fütterung mit Rindermilz.

Tab. 7.

Versuchs-	Nr.	102	112	106
	Anfang	27. V. 32	27. V. 32	10. VI. 32
	Ende	10. VI. 32	10. VI. 32	17. VI. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	13	13	13
	O_2 mg/l	7,5	7,7	7,4
	Raum l	95	95	95
Nahrung	Art	Milz	Milz	Milz
	Menge	0,294	0,301	0,26
	Tgl. Aufn. v. H.	16	16	17
Gewicht	Anfang	0,091	0,091	0,176
	Ende	0,175	0,185	0,260
	Zuwachs	0,085	0,094	0,084
Nahrungsquotient		3,5	3,2	3,1

Durchschn. NQ = 3,2. Durchschn. FP = 16.

Die Versuchsbedingungen unterscheiden sich dadurch voneinander, daß im Versuch Nr. 106 Forellen verwandt wurden, die bereits 14 Tage mit Milz gefüttert waren. Die Ergebnisse zeigen aber durch diese Änderung der Versuchsbedingungen keine Abweichung voneinander. Der NQ beträgt im Durchschnitt 3,2. Die Wassertemperatur und der Sauerstoffgehalt des Wassers waren bei den 3 Versuchen die gleichen. Die FP betrugen 16 v. H., also nimmt die junge Forelle täglich rd. $^1/_6$ ihres Eigengewichtes an Nahrung auf. Auch bei diesen Versuchen liegt eine verschiedene Versuchsdauer vor, die wiederum zu keiner Abweichung der Ergebnisse geführt hat.

2. Fütterung von Setzlingen (qualitativ und quantitativ).

Im Gegensatz zur Brut wurden die Versuche mit Setzlingen am Einzeltier angestellt (vgl. S. 544).

α) Fütterung mit natürlicher Nahrung.

Die Forellen hatten bei den Versuchen mit Naturnahrung ständig Futter zur Verfügung. Ich legte besonderen Wert darauf, die Forellen nie längere Zeit ohne Nahrung zu lassen, um in dieser Beziehung möglichst den natürlichen Verhältnissen zu entsprechen.

Fütterung mit Gammariden.

Tab. 8.

Versuchs-	Nr.	3	4	13	16
	Anfang	4. I. 32	4. I. 32	12. II. 32	12. II. 32
	Ende	11. II. 32	11. II. 32	11. III. 32	11. III. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	9	9	9,3	9,3
	O_2 mg/l	9,2	9,1	10,0	10,0
	Raum 1	16	16	16	16
Nahrung	Art	Gamm.	Gamm.	Gamm.	Gamm.
	Menge	10,4	4,4	22,5	19,1
	Tgl. Aufn. v. H.	3,5	3,3	6,0	4,2
Gewicht	Anfang	5,1	3,2	8,95	12,5
	Ende	8,05	4,15	15,15	17,65
	Zuwachs	2,95	0,95	6,2	5,1
Nahrungsquotient		3,3	4,3	3,6	3,7

Durchschn. NQ = 3,9. Durchschn. FP = 3,7.

Die Versuchsbedingungen waren in allen 4 Versuchen die gleichen. Der NQ schwankt zwischen 3,3 und 4,3, der Durchschnitt beträgt 3,9. Interessant ist die Gefräßigkeit der Forelle 13, deren FP fast das Doppelte der Forelle 4 betragen. Es scheint sich hier um ein besonders frohwüchsiges Tier zu handeln, das aus dem Rahmen der übrigen Forellen herausfällt. Ich habe sie bei der Durchschnittsberechnung der FP unberücksichtigt gelassen. Demnach betragen die FP 3,7 v. H.

Fütterung mit Chironomiden.

Tab. 9.

Versuchs-	Nr.	5	14	15	12
	Anfang	4. I. 32	26. II. 32	26. II. 32	26. II. 32
	Ende	11. II. 32	11. III. 32	11. III. 32	17. III. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	9	9	9,3	9,3
	O_2 mg/l	9,1	9,5	9,7	9,6
	Raum l	16	16	16	16
Nahrung	Art	Chir.	Chir.	Chir.	Chir.
	Menge	27,2	21,7	9,4	12,2
	Tgl. Aufn. v. H.	8,3	6,8	6,7	7,8
Gewicht	Anfang	6,3	8,05	4,15	6,1
	Ende	12,5	12,7	6,6	9,0
	Zuwachs	6,2	4,6	2,4	2,9
Nahrungsquotient		4,4	4,8	4,0	4,3

Durchschn. NQ = 4,4. Durchschn. FP = 7,4.

Die Fütterungsversuche mit Chironomiden sind unter gleichen Umweltfaktoren ausgeführt. Der NQ beträgt 4,4. Die FP betragen 7,4 v. H. Im Vergleich zur Tabelle 8 ist zu beachten, daß dort bei Forelle 4 und 13 die FP mit der Größe der Forelle wuchsen, während sie hier bei Forelle 14 und 15 die gleichen sind.

Fütterung mit Mischfutter.

Tab. 10.

Versuchs-	Nr.	32	33
	Anfang	6. V. 32	6. V. 32
	Ende	27. V. 32	27. V. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	15	15
	O_2 mg/l	8	8
	Raum l	40	40
Nahrung	Art	Gamm. Daph. Trich. Ephem. Chir.	Gamm. Daph. Trich. Ephem. Chir.
	Menge g	30,0	48,2
	Tgl. Aufn. v. H.	10	9
Gewicht	Anfang	11,5	25,3
	Ende	16,6	33,6
	Zuwachs	5,1	8,3
Nahrungsquotient		5,8	5,8

Durchschn. NQ = 5,8. Durchschn. FP = 9,5.

Die beiden unter Anwendung von Mischfutter (Gammariden, Chironomiden, Trichopteren, Ephemeriden, Daphnien) angesetzten Versuche sind derart übereinstimmend, daß keine weiteren Kontrollversuche angesetzt zu werden brauchten.

Der NQ beträgt 5,8. Die täglichen FP betragen 9,5 v. H. Der NQ und die FP liegen hier bei 15° C höher als die der bei 9° C gemachten Versuche mit Gammariden und Chironomiden (vgl. Tab. 8 und 9). Bei diesen Versuchen konnte beobachtet werden, daß die Forellen keinerlei Nahrungsauswahl trafen, sondern stets das fraßen, was am auffälligsten war und am nächsten lag. Einen weiteren diesbezüglichen Versuch machte ich, indem ich eine Forelle mit Gammariden und eine Forelle mit Chironomiden fütterte; darauf erhielten beide ein Mischfutter aus Gammariden + Chironomiden. Auch hier konnte ich feststellen, daß beide wiederum das fraßen, was ihnen zuerst auffiel, was am größten schien.

Fütterung mit Fischen.

Tab. 11.

Versuchs-	Nr.	28	29	39
	Anfang	5. IV. 32	5. IV. 32	21. VI. 32
	Ende	19. IV. 32	19. IV. 32	1. VII. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	10	10	10
	O_2 mg/l	10,4	10,4	9,7
	Raum l	16	16	40
Nahrung	Art	Plö. Blei	Plö. Blei	Ukelei
	Menge g	15,85	19,65	17,0
	Tgl. Aufn. v. H.	4	4	5
Gewicht	Anfang	24,1	24,2	42,7
	Ende	29,1	30,0	50,0
	Zuwachs	5,0	5,8	7,3
Nahrungsquotient		3,17	3,3	2,3

Durchschn. NQ = 2,9. Durchschn. FP = 4,2.

Versuchs-	Nr.	35	36	40	51	52
	Anfang	18. VI. 32	18. VI. 32	24. VI. 32	25. VII. 32	25. VII. 32
	Ende	1. VII. 32	1. VII. 32	6. VII. 32	29. VII. 32	29. VII. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	17	17	17	17,1	17,2
	O_2 mg/l	8,1	8,0	8,1	9	8,9
	Raum l	40	40	16	40	40
Nahrung	Art	RFF	RFF	RFF	RFF	RFF
	Menge g	43,0	22,0	10,0	30,6	29,8
	Tgl. Aufn. v. H.	8	8	8	7	7,4
Gewicht	Anfang	36,7	16,7	9,2	100,0	97,2
	Ende	43,7	20,2	11,0	105,6	102,2
	Zuwachs	7,0	3,5	1,8	5,6	5
Nahrungsquotient		6,1	6,3	5,6	5,3	5,9

Durchschn. NQ = 6. Durchschn. FP = 7,6.

Bei den ersten 3 Versuchen wurde mit Weißfischen gefüttert, bei den letzten 5 mit Regenbogenforellenbrut. Die ersten bei 10° C ausgeführten Versuche ergaben einen durchschnittlichen NQ von 2,9. Die FP betragen 4,2 v. H. Die bei 17° C durchgeführten 5 Versuche ergaben einen NQ von 6. Die FP liegen um 7,6 v. H. Die letzten 5 Versuche sind bei einer um 7° C höher liegenden Temperatur ausgeführt. Der NQ ist um das Doppelte gestiegen, die FP etwa um $^1/_3$. Die Versuchsforellen nahmen sämtlich die gereichte Fischnahrung gern auf und zwar ohne daß sie vorher daran gewöhnt zu werden brauchten. Ich habe es auch nur einmal erlebt, daß ein gefressener Fisch wieder ausgespien wurde, was zweifellos an dem zu großen Brocken lag. Selbst kleine 2 Monate alte Brut fraß, trotzdem sie reichlich Gammariden zu fressen hatte, ohne Zögern hineingegebene Plötzenbrut.

β) Fütterung mit künstlicher Nahrung.

Die Milzfütterung der Setzlinge erforderte ein neues Verfahren. Wie schon erwähnt (S. 544), durfte die Milz nicht längere Zeit im Wasser liegen, da sie sich einerseits zersetzt, andrerseits stark Wasser aufnimmt, was bei der Rückwägung des nicht gefressenen Futters einen Fehler ergeben hätte. Ich habe daher folgendes Verfahren angewandt. Die Forellen wurden daran gewöhnt, „aus der Hand" zu fressen, sie mußten das in kleinen Klumpen an einem Porzellanspatel gereichte Futter von diesem oder während es zu Boden fiel, aufnehmen. Sobald ein Brocken nicht mehr angenommen wurde, nahm ich ihn sofort heraus, um ihn mit dem übrigen Rest zurückzuwiegen. Viermal am Tage erhielten die Forellen in dieser Weise Nahrung. Mit Erfolg wurde dieses Verfahren bei allen Versuchen durchgeführt, was auch in den 4 angeführten Versuchen in Tabelle 12 zum Ausdruck kommt. Das entspricht auch den praktischen Erfahrungen der Forellenzucht, wo die Forellen die Milz ebenfalls von bestimmten Gegenständen (z. B. Blumentopf) ohne Scheu abfressen.

Fütterung mit Milz.

Tab. 12.

Versuchs-	Nr.	37	38	44	46
	Anfang	21. VI. 32	21. VI. 32	21. VI. 32	21. VI. 32
	Ende	30. VI. 32	28. VI. 32	28. VI. 32	28. VI. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	14	14,2	14,1	14,2
	O_2 mg/l	9,3	9,2	9,0	9,2
	Raum l	16	40	40	40
Nahrung	Art	Milz	Milz	Milz	Milz
	Menge g	20,77	24,21	26,42	22,0
	Tgl. Aufn. v. H.	13	9	9	10
Gewicht	Anfang	14,0	39,7	38,1	27,5
	Ende	21,3	48,4	47,2	34,5
	Zuwachs	7,3	8,7	9,1	7
Nahrungsquotient		2,8	2,8	2,9	3,1

Durchschn. NQ = 2,9. Durchschn. FP = 10.

Der durchschnittliche NQ der Versuche beträgt 2,9. Die FP liegen um 10 v. H.

b) Einfluß verschieden hoher Temperatur auf den Nahrungsquotienten.

Der vergleichenden Besprechung und eingehenden Auswertung der vorstehenden Versuche seien zunächst einige Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf den NQ vorangestellt. Schon in den Versuchen der Tabelle 6 und 11 trat der Temperatureinfluß deutlich hervor. Nachstehend werden daher noch besondere Versuche mitgeteilt, deren Ergebnisse bei der Auswertung der gesamten Versuche zum Vergleich herangezogen werden sollen.

Die im Schrifttum angegebenen Zahlen über das Temperatur-Minimum, -Optimum und -Maximum der Nahrungsaufnahme ergaben kein einheitliches Bild. Hofer (nach Buschkiel 3) gab in seinen Vorlesungen als Temperatur-

Abb. 3.

Optimum für Regenbogenforellen 12—14° C, Buschkiel (3) ein solches von 15° C an. Smolian (30) verzeichnet 20° C als die günstigste Temperatur.

Meine daraufhin angesetzten Versuche führte ich in der Zeit von März bis Juni aus und zwar nacheinander, um die Forellen einerseits langsam an die steigende Temperatur zu gewöhnen, andrerseits um die in der Natur mit steigender Temperatur sich ändernden Lichtverhältnisse zu berücksichtigen. Die Anpassung an die Lufttemperatur erleichterte es auch, die Wassertemperatur auf einer bestimmten Höhe zu halten, was bis auf seltene Schwankungen von 1 bis 1,5° C gelang.

Schwierigkeiten bereitete nur der Versuch bei 3° C, da hier zunächst keine Gleichmäßigkeit zu erzielen war. Dieser Fehler ließ sich aber durch Kühlung des Aquariums mit Eis beseitigen (vgl. Abb. 3). Um eine Temperatur von 24° C und höher zu erreichen, wurde das Aquarium von unten erwärmt.

In Tabelle 13 habe ich die Ergebnisse zusammengestellt.

Tab. 13.

Forelle Nr.	Temperatur ° C													
	3		6,8		9,2		11,1		15,2		19,2		24,0	
	FP	NQ	FP	NQ	FP	NQ	FP	NQ	FP	NQ	FP	NQ	FP	NQ
18	1	−4[1])	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	3	26,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	2	12,4	3	5,5	—	—	8	3,9	11	5,4	12	7,1	6	7,5
21	1	−8,7[1])	3	7,4	—	—	7	5,7	11,6	5,6	12,6	6,4	6,4	7,5
22	—	—	5	4,4	—	—	7	6,1	8	6,7	9	6,8	—	—
23	—	—	3	6,5	—	—	6	4,7	8,5	6,9	8,7	6,8	7	7,7
25	—	—	5	3,4	—	—	8	4,3	9,5	6,1	11,2	7,7	—	—
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,9	7,6
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,2	7,3
3	—	—	—	—	3,5	3,3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	3,3	4,3	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	6,0	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	4,2	3,7	—	—	—	—	—	—	—	—
Durchschn.	1,8		3,7	5,4	3,7	3,9	7,0	5	9,8	6	10,7	7	6,5	7,5

[1]) Gewichtsabnahme.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß der NQ bei 3° C außerordentlich schwankt, daß sogar der NQ teilweise negativ ist. Die Zahlen sind zur Feststellung eines Durchschnitts-NQ ungeeignet, sie lassen aber zum mindesten erkennen, daß infolge der niederen Temperatur die aufgenommene Nahrung teilweise nicht einmal für den Betriebsstoffwechsel ausreicht.

Bei einer Temperatur von 6,8° C liegen die Dinge schon anders. Die Einzel-NQ zeigen allerdings auch noch Schwankungen zwischen 3,4 und 7,4, also annähernd 100 v. H. Trotzdem habe ich es gewagt, einen Durchschnitts-NQ zu berechnen, der bei 5,4 liegt.

Bei 9,2° C zeigen die NQ nur noch ganz geringe Abweichungen. Der Durchschnitts-NQ beträgt 3,9, ist also ganz erheblich günstiger als bei 6,8° C. Er stellt, wie die NQ bei den höheren Temperaturen zeigen, das ökologische Temperatur-Optimum dar.

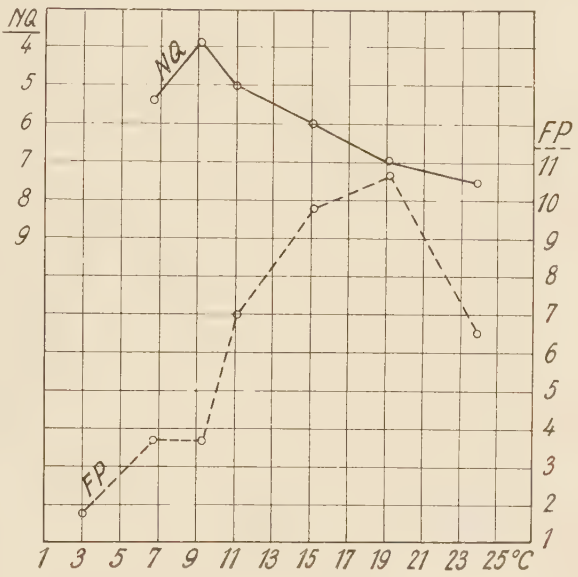
Bei 11,2° C ist der NQ bereits wieder ungünstiger geworden. Er steigt weiterhin mit zunehmender Temperatur langsam an und erreicht bei 24° C mit einem NQ von 7,5 sein Pessimum. Versuche bei noch höheren Temperaturen mißlangen, da die Forellen nach kurzer Zeit eingingen. Diese Feststellung stimmt auch mit den in der Literatur gefundenen Angaben überein (Walter 33, Smolian 30).

Die geschilderten Beziehungen zwischen Temperatur und NQ lassen sich besonders klar aus der Kurventafel 1 ersehen.

Wundsch (42) gibt an, daß bezüglich der Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Temperatur bei Fischen alle Autoren im wesentlichen dahin übereinstimmen, daß diese ungefähr der bekannten Vant'Hoffschen RGT.-Regel entspricht, jedoch mit der von Krogh festgestellten Abweichung, daß der Temperaturkoeffizient bei steigender Temperatur nicht ganz gleich bleibt, sondern der Stoffwechsel bei tiefer Temperatur stärker mit der Temperatursteigerung wächst als

bei höherer. Da das Optimum der Nahrungsverwertung bei der Regenbogenforelle aber schon um 9,2° C liegt und mir für die Temperatur unter 9,2° C zu wenig Zahlenmaterial vorliegt, konnte ich eine solche Beziehung nicht feststellen.

Wie aus Tabelle 13 und Kurventafel 1 ersichtlich, zeigen die FP bis 19° C eine steigende Tendenz, wo sie ihr Optimum erreicht haben. Bei 24° C hat bereits eine Abnahme stattgefunden. Ein Vergleich beider Kurven zeigt, daß zwischen ihnen keine völlige Parallelität besteht. Beide werden zwar mit zunehmender Temperatur günstiger, um bei einer bestimmten Temperatur ihr Optimum zu erreichen, doch fällt der günstigste NQ nicht mit den höchsten FP zusammen. Der NQ zeigt bei 9,2° C seinen niedrigsten, also günstigsten Wert, während die FP bei 19° C am höchsten sind.



Kurventafel 1.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die günstigste Nahrungsverwertung nicht, wie im Schrifttum angegeben, bei 13, 15 oder 20° C liegt, sondern tatsächlich niedriger, nämlich um 9° C. Trotzdem besteht die Wahrscheinlichkeit, daß das wirtschaftliche Optimum zwischen 9 und 19° C liegt.

Zur vergleichenden Auswertung der mit verschiedener Nahrung erzielten NQ habe ich diese in Tabelle 14 noch einmal zusammenhängend dargestellt. Leider war es aus technischen Gründen nicht möglich, alle Versuche bei gleicher Temperatur auszuführen.

Eine vergleichende Betrachtung der NQ mit Brut und Setzlingen zeigt, daß diese kaum voneinander abweichen, wohl aber die FP bei der Brut erheblich höher liegen. Diese Feststellung steht im scheinbaren Gegensatz zu der Angabe von Smolian (29), wonach der Futterquotient mit dem Alter bzw. der Größe der Fische wächst, da größere Fische naturgemäß mehr Erhaltungsfutter als kleinere bedürfen, also nur ein geringer Teil des Futters für den Zuwachs verbleibt. Da sich Forellensetzlinge aber auch noch in der progressiven Wachstumsphase befinden, ist es erklärlich, daß die NQ kaum voneinander abweichen. Der von Smolian aufgestellte Satz trifft demnach nur für ältere Tiere zu. Daß die FP bei Brut so bedeutend höher liegen, läßt sich mit dem Rubnerschen Oberflächengesetz erklären, nach dem bei kleinen Tieren der Energiestoffwechsel wegen der verhältnismäßig größeren Oberfläche größer ist als bei Setzlingen (Schäperclaus 22 Seite 488).

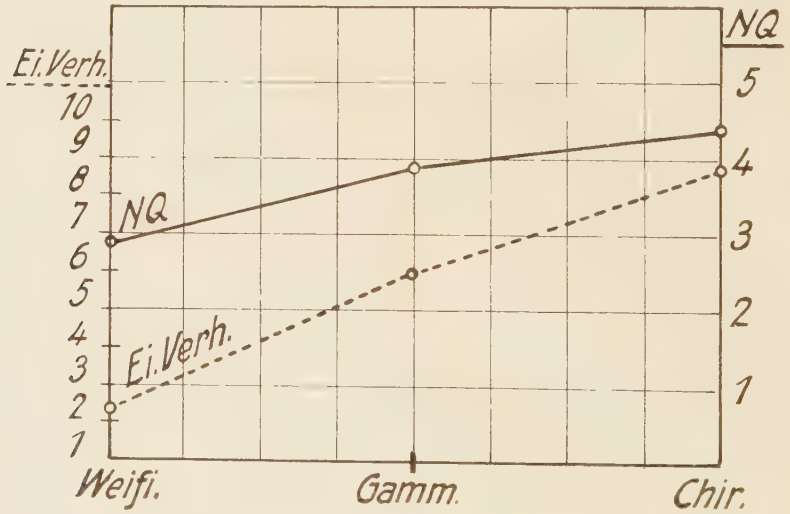
Tab. 14.

Gruppe	Tabelle	Temp.	Nahrung	Eiw.-Verh.[1])	FP	NQ	Schwankungen
			Brut.				
I	7	13	Milz	1 : 0,27	16,0	3,3	3,1—3,5
	6	13	Daphn.	1 : 3,7	22,0	5,1	5 —5,3
	6	17	Daphn.	1 : 3,7	38,0	6,4	6,3—6,5
			Setzlinge.				
II	11	10,0	Weißfi.	1 : 0,24	4,2	2,9	2,3—3,3
	8	9,2	Gamm.	1 : 0,6	3,7	3,9	3,3—4,3
	9	9,3	Chir.	1 : 0,88	7,4	4,4	4,0—4,8
III	12	14	Milz	1 : 0,27	10,0	2,9	2,8—3,1
	10	15,0	Mischfutter	1 : 0,57	9,5	5,8	5,8
	13	15,2	Gamm.	1 : 0,6	9,8	6	5,4—6,9
IV	13	17,0	Gamm.	1 : 0,6	10,3	6,5	6 —7
	11	17,0	Forellen	1 : 0,8	6,7	6,0	5,3—6,3

[1]) = Reinprotein : N-freien E.St.+ (Fett . 2,2).

Berechnung nach den Analysen von Geng (9). Die Zahlen für die R.F.-Analyse stellte mir freundlicherweise Herr cand. phil. Hans Mann zur Verfügung. Werte für Milz nach Probst (30) (als Reinprotein wurde Rohprotein weniger 10 v. H. angenommen).

Vergleicht man die 3 NQ der Gruppe II, so ist ersichtlich, daß Weißfische den günstigsten und Chironomiden den ungünstigsten NQ haben. Aus einer Gegen-



Kurventafel 2.

überstellung der NQ mit dem Eiweißverhältnis der betreffenden Nahrung läßt sich deutlich ersehen, daß der NQ da am günstigsten ist, wo das engste Eiweißverhältnis besteht. Da Eiweißstoffe in der Hauptsache zum Aufbau des Körpers verwandt werden, nur der Rest des Eiweißes neben den Kohlehydraten und Fetten

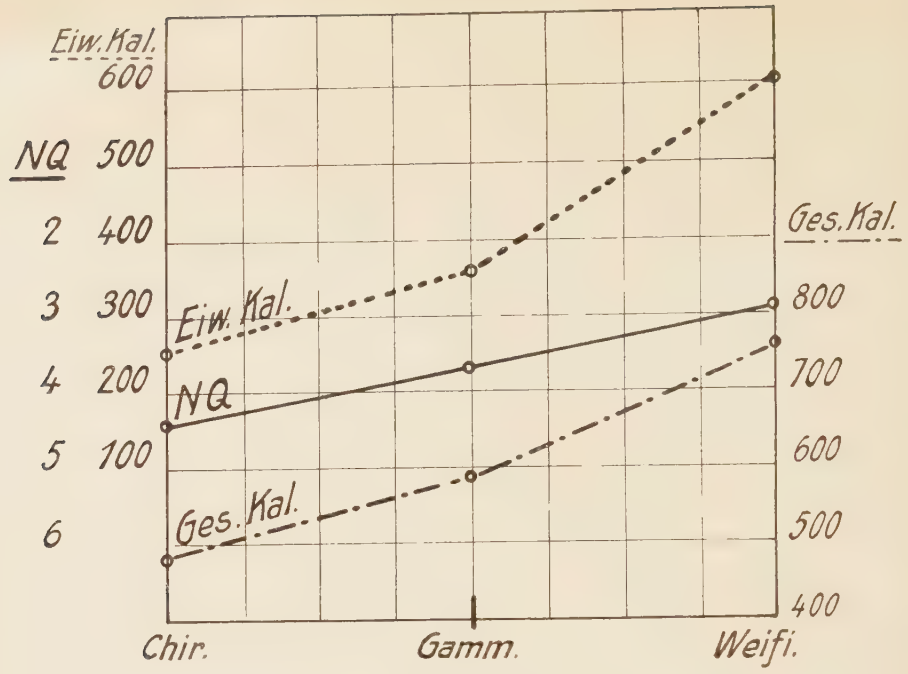
zur Energielieferung dienen, ist diese Feststellung leicht zu erklären. Auch die FP steigen etwa in demselben Verhältnis. Betrachtet man in diesem Zusammenhang noch einmal Gruppe I, so finden sich dort die gleichen Verhältnisse. Die Milz hat das wesentlich engere Eiweißverhältnis und dabei auch den sehr viel günstigeren NQ bei niedrigeren FP. In Gruppe III hat abermals die Milz mit dem engsten Eiweißverhältnis den günstigsten NQ und Gammariden mit dem weitesten Eiweißverhältnis den ungünstigsten NQ ergeben. Gruppe IV zeigt ein anderes Bild. Regenbogenforellenbrut als Nahrungsmittel steht mit Gammariden zum Vergleich. Erstere haben ein Eiweißverhältnis von 1 : 0,8, letztere ein solches von 1 : 0,6. Der NQ für Gammariden liegt um ein Geringes höher. Das Ergebnis steht in einem scheinbaren Gegensatz zu den bisher festgestellten Beziehungen zwischen Eiweißverhältnis und NQ. Es muß aber berücksichtigt werden, daß das Eiweiß der verfütterten Forellenbrut für die Versuchsforellen arteigenes Eiweiß darstellt, und sich deshalb durch besonders hohe biologische Wertigkeit auszeichnet. Es ist bekannt, daß der Organismus bei Verfütterung biologisch hochwertigen Eiweißes den geringsten Gesamteiweißbedarf hat, da ihm alle zum Aufbau des körpereigenen Eiweißes notwendigen Aminosäuren in dem günstigsten Verhältnis zur Verfügung stehen (Cronacher 5). Die hohe biologische Wertigkeit des Forellenbruteiweißes hat in dem vorliegenden Versuch trotz weitem Eiweißverhältnis den gleichen NQ ergeben wie bei Fütterung mit Gammariden mit einem wesentlich engeren Eiweißverhältnis. Neben dem Eiweißverhältnis scheint also auch die biologische Wertigkeit des Futtereiweißes beim NQ mitbestimmend zu wirken.

Nach den Ausführungen über die NQ und Eiweißverhältnisse sollen nunmehr die Beziehungen zwischen NQ und Wärmewert des verabreichten Nahrungsmittels untersucht werden. Zu diesem Zweck sind in Tabelle 15 die NQ und die Wärmewerte zusammengestellt. Aus einer Betrachtung der Tabelle ergibt sich, daß auch NQ und Wärmewert deutliche Beziehungen zueinander zeigen. Das Nahrungsmittel mit dem günstigsten NQ weist den höchsten Wärmewert auf. Für die innerhalb einer Temperaturstufe gewonnenen NQ lassen sich diese Beziehungen ganz besonders deutlich aus der Kurventafel 3 ersehen.

Tab. 15.

Futtermittel	NQ	Temp.	Wärmewert[1]) g-Kal.	davon Eiweiß g-Kal.	davon N.-fr. E.St. g-Kal.
Weißfische	2,9	10,0	771,8	617,3	154,5
Gammarus	3,7	9,2	594,8	366,0	228,8
Chironom.	4,4	9,3	483,4	254,5	228,9
Milz	2,9	14,0	933,2	596,1	337,1
Mischfutter	5,8	15,0	561,1	351,0	210,1
Daphnien	5,1	15,2	284,4	60,4	224,0
Forellenbrut	6,0	17,0	1379,7	661,7	717,9

[1]) Reinprotein (x 4,1) + Fett (x 9,3) + Kohlehydrate (x 4,1).



Kurventafel 3.

Nach der Besprechung des Wärmewertes der einzelnen Futtermittel folgt eine kalorimetrische Untersuchung des Nahrungsbedarfes der Regenbogenforelle. Aus der Reihe der Futtermittel habe ich die in Tabelle 14, Gruppe II verzeichneten, bei gleicher Temperatur ausgeführten Versuche mit Weißfischen, Gammariden und Chironomiden herausgegriffen und in Tabelle 16 untersucht. Zunächst errech-

Tab.

Futtermittel	Wärmewert g-Kal.	Gefressene Nahrungsmenge g	Gefressene Nahrungsmenge g-Kal.	Zuwachs der Forelle während d. Versuchs g	Zuwachs der Forelle während des Versuchs g-Kal.
Weißfi.	771,8	15,85	12 233,0	5,0	3 859,0
Weißfi.	771,8	19,65	15 165,9	5,8	4 476,4
Weißfi.	771,8	17,0	13 120,6	7,3	5 634,1
Gamm.	594,8	10,4	6 185,9	2,95	1 754,7
Gamm.	594,8	4,4	2 617,1	0,95	565,1
Gamm.	594,8	22,5	13 383,0	6,2	3 687,8
Gamm.	594,8	19,1	11 360,7	5,1	3 033,5
Chir.	483,4	27,2	13 148,5	6,2	2 997,1
Chir.	483,4	21,7	10 489,8	4,6	1 223,6
Chir.	483,4	9,4	4 543,9	2,4	1 160,2
Chir.	483,4	12,2	5 897,5	2,9	1 401,9

Durchschn.-Werte für 1 qcm Oberfläche in

nete ich aus dem Wärmewert der Futtermittel und der gefressenen Nahrungsmenge der untersuchten Forellen den Gesamtkaloriengehalt der aufgenommenen Nahrung einerseits und den Kalorienwert des Zuwachses aus dem Zuwachs andrerseits. Diese beiden Werte mußten durch die Zahl der Versuchstage geteilt werden, um die Kalorien der täglichen Fraßmenge und des täglichen Zuwachses zu erhalten. Eine weitere Teilung durch das mittlere Gewicht der Versuchstiere ergab die Kalorienmenge für 1 g Forelle und 24 Stunden und für 1 g Zuwachs in der gleichen Zeit. Nach der von Lindstedt (15) angegebenen Gleichung von Mech $O = 10.p^{\frac{2}{3}}$, wobei O = der Oberfläche und p = dem Gewicht ist, errechnete ich die Oberfläche der Forelle. Aus dem Unterschied von Gesamtkalorienbedarf in 24 Stunden und Zuwachskalorienbedarf in 24 Stunden stellte ich die Kalorienmenge für den Energiestoffwechsel fest. Wenn ich jetzt den gefundenen Wert durch die Oberfläche teile, erhalte ich den Kalorienbedarf für 1 qcm der Oberfläche. Nach dem Rubnerschen Oberflächengesetz müßten bei ein und derselben Tierart, bei gleicher Temperatur und gleicher Nahrung die Werte für 1 qcm der Oberfläche innerhalb gewisser Grenzen übereinstimmen.

Aus der Tabelle 16 ist ersichtlich, daß der Kalorienverbrauch je Einheit Oberfläche bei Forellen doch einigen Schwankungen unterliegt. Die Gründe hierfür mögen zum Teil in der nicht völligen Gleichheit der Umweltfaktoren begründet sein. Ferner wurde schon (S. 543) darauf hingewiesen, daß wir es bei den Regenbogenforellen nicht mit ein und derselben Tierart zu tun haben, was ebenfalls den verschiedenen Kalorienverbrauch je Einheit Oberfläche beeinflussen kann. Trotz allen Vorbehalten habe ich es gewagt, eine Durchschnittszahl der gefundenen Werte zu errechnen. Demnach hat die Regenbogenforelle einen g-Kalorienbedarf von 7,0 für Weißfische, 4,3 für Gammariden und 9,2 für Chironomiden auf 1 qcm Oberfläche.

16.

Versuchsdauer	Für ganze Forelle		Durchschnitts-Gewicht d. Forelle	Für 1 g Forelle		pro qcm Oberfläche
	Fraßmenge 24 Std.	Zuwachsmenge 24 Std.		Fraßmenge 24 Std.	Zuwachsmenge 24 Std.	
Tage	g-Kal.	g-Kal.	g	g-Kal.	g-Kal.	g-Kal.
14	873,9	275,6	26,6	32,9	10,3	6,8
14	1083,3	319,8	27,1	40,0	11,8	8,4
10	1312,1	563,4	46,3	28,3	12,2	5,9
37	167,2	47,4	6,6	25,3	7,2	3,5
37	70,7	15,3	3,7	19,1	4,1	2,4
29	461,5	127,2	12,15	38,3	10,6	6,4
29	391,7	104,6	15,0	26,1	7,0	4,8
37	355,4	81,0	9,4	41,8	9,5	9,8
14	749,3	87,4	10,35	71,7	8,4	14,0
14	324,5	82,9	5,4	66,5	15,5	8,0
20	294,9	70,1	7,6	38,8	9,22	6,0

Kalorien: Weißfi. 7,0, Gamm. 4,3, Chir. 9,2.

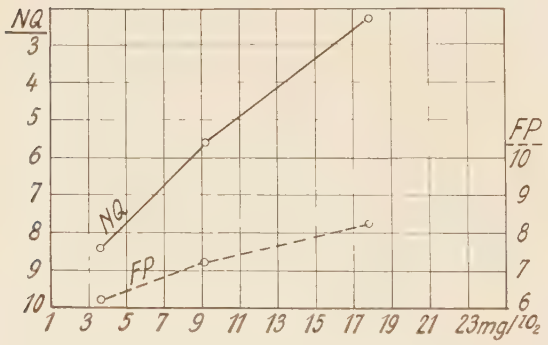
Tab.

Versuchs-	Nr.	53	54
	Anfang	25. VII. 32	25. VII. 32
	Ende	29. VII. 32	29. VII. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	17	17
	O_2 mg/l	3,2—4,5 (3,8)	3,2—4,5 (3,8)
	Raum l	40	40
Nahrung	Art	FF	FF
	Menge g	11,1	12,3
	Tgl. Aufn. v. H.	6,7	6,0
Gewicht	Anfang	41,5	55,1
	Ende	42,8	56,6
	Zuwachs	1,3	1,5
Nahrungsquotient		8,5	8,4
Durchschn.	NQ	8,4	
	FP	6,3	

c) Einfluß verschieden hohen Sauerstoffgehaltes des Wassers auf den Nahrungsquotienten.

Nach den Auswertungen der gesamten NQ, der Besprechung des Eiweißverhältnisses und der kalorimetrischen Berechnungen möchte ich noch auf einige Versuche eingehen, die von nicht minderer Bedeutung sind.

Systematische Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Sauerstoffgehalt des Wassers und NQ finden sich im Schrifttum nicht. Willer (38) weist darauf hin, daß der Futterbedarf der Forellenbrut in sauerstoffreichem Wasser größer ist als in sauerstoffarmem Wasser. Von Smolian (30) wird ein Mindestsauerstoffbedürfnis von 2,15 mg/l und ein Normalgehalt von 10—11 mg/l angegeben. Buschkiel (3) stellt ebenfalls einen Normalgehalt von 10 bis 11 mg/l fest.



Kurventafel 4.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden daher noch einige diesbezügliche Versuche angestellt, die in Tabelle 17 und Kurventafel 4 verzeichnet sind.

Die Versuche Nr. 53 und 54 wurden bei einem durchschnittlichen Sauerstoffgehalt von 3,8 mg/l ausgeführt und dabei ein NQ von 8,4 und FP von 6,3 v. H. erzielt. Die Versuche Nr. 51 und 52 wurden stark durchlüftet und konnten fast beständig auf 9,1 mg/l O_2 gehalten werden. Die gefundenen Werte betrugen hier für den NQ 5,6 und die FP 7,2 v. H. Die Versuche Nr. 56 und 57 erhielten einen Zustrom aus einer Sauerstoffbombe; ich erzielte bei einem Durchschnittswert von 17,8 mg/l O_2 einen NQ von 2,3 und FP von 8,2 v. H. Die Versuche konnten

17.

51 25. VII. 32 29. VII. 32	52 25. VII. 32 29. VII. 32	56 25. VII. 32 29. VII. 32	57 25. VII. 32 29. VII. 32
17 9—9,2 (9,1) 40	17 9—9,2 (9,1) 40	17 15,5—20,0 (17,8) 40	17 15,5—20,0 (17,8) 40
FF 30,6 7	FF 29,8 7,4	FF 29,4 8	FF 24,5 8,5
100,0 105,6 5,6	97,4 102,2 5,0	85,8 100,0 14,2	67,8 76,8 9,0
5,3	5,9	2,1	2,6
5,6 7,2		2,3 8,2	

nur 4½ Tage ausgeführt werden, da schon kleinste Schwankungen in der Sauerstoffzufuhr größere Unterschiede im Sauerstoffgehalt des Wassers ergaben, und der Versuch deshalb Tag und Nacht unter ständiger Kontrolle stehen mußte. Die übereinstimmenden Ergebnisse der Versuche zeigen aber, daß die Forellen schon innerhalb kürzester Zeit genügend Nahrung aufnehmen, um daraus Schlüsse ziehen zu können.

Zur besseren Übersicht habe ich auch diese Werte in 2 Kurven dargestellt. Bei dem niedrigsten Sauerstoffgehalt sind auch die FP am niedrigsten und der NQ am ungünstigsten. Mit steigendem Sauerstoffgehalt nehmen die FP zu und werden die NQ günstiger. Bei 17,9 mg/l O_2 fand ich die günstigsten Werte, nämlich einen NQ von 2,3 und FP von 8,2 v. H. Besonders auffallend sind die NQ, die hier bei 17° C und 17,9 mg/l O_2 2,3 betragen, während die NQ bei dem gleichen Futtermittel bei 17° C und 8,5 mg/l O_2 nur einen NQ von 6,0 zeigten (vgl. Tab. 11). Bemerkenswert ist die Feststellung, daß der für den NQ günstigste Sauerstoffgehalt von annähernd 18 mg/l bereits die maximale Grenze des in dem natürlichen Lebensraum der Forellen vorkommenden Sauerstoffgehaltes überschritten hat. Da beide Versuchsreihen, abgesehen von dem Sauerstoffgehalt, unter gleichen Bedingungen ausgeführt sind, kann der Unterschied der NQ nur durch den höheren Sauerstoffgehalt herbeigeführt sein. Versuche mit noch geringerem Sauerstoffgehalt und einem solchen von 24 mg/l führten zu keinem Ergebnis, da die Forellen nach kürzerer oder längerer Zeit eingingen.

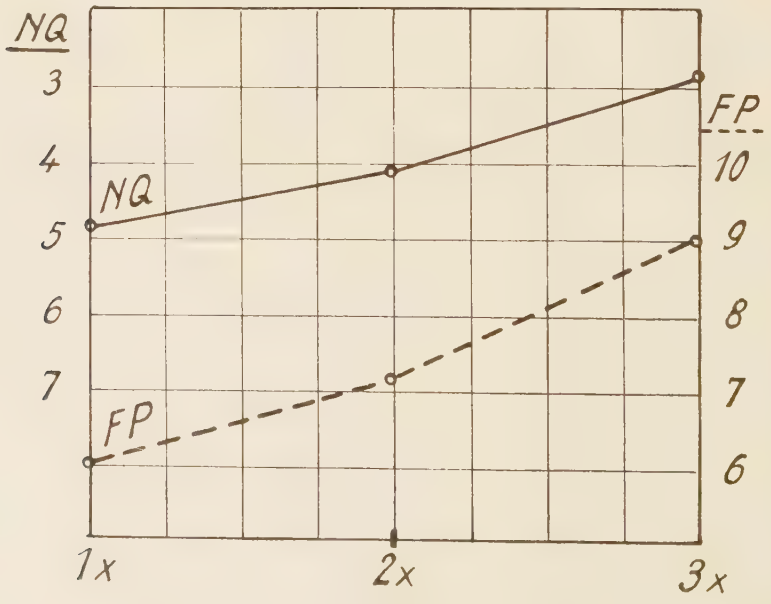
d) Einfluß verschieden häufiger Fütterung auf den Nahrungsquotienten.

Über den Einfluß verschieden häufiger Fütterung auf den NQ habe ich weitere Untersuchungen angestellt. Zu diesem Zweck gab ich 2 Forellen nur einmal täglich eine Portion Milz und zwar auf die früher angegebene Weise. 2 weitere Forellen erhielten zweimal und abermals 2 Forellen dreimal Nahrung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 und Kurventafel 5 verzeichnet.

Tab. 18.

		1 malige Fütterung		2 malige Fütterung		3 malige Fütterung	
Versuchs-	Nr.	59	60	61	62	63	64
	Anfang	21. VI. 32	21. VI. 32	21. VI. 32	21. VI. 32	22. VI. 32	22. VI. 32
	Ende	28. VI. 32	28. VI. 32	28. VI. 32	28. VI. 32	28. VI. 32	28. VI. 32
Haltung	W.-Temp. ° C	14	14,1	14	14	14,1	14,2
	O_2 mg/l	8,5	8,6	8,4	8,4	8,6	8,5
	Raum l	40	40	40	40	40	40
Nahrung	Art	Milz	Milz	Milz	Milz	Milz	Milz
	Menge g	16,5	15,1	23,7	22,6	24,1	28,0
	Tgl. Aufn. v. H.	6,0	6,0	7,2	7,3	9,0	9,0
Gewicht	Anfang	38,2	35,4	41,3	40,4	39,9	45,2
	Ende	41,2	38,9	47,3	45,7	48,9	54,5
	Zuwachs	3,0	3,5	6,0	5,3	9,0	9,3
Nahrungsquotient		5,5	4,3	3,9	4,3	2,7	3,0
Durchschn.	NQ	4,8		4,1		2,8	
	FP	6,0		7,2		9,0	

Bei dreimaliger Fütterung ergaben sich die gleichen Verhältnisse wie bei den in Tabelle 12 angegebenen Versuchen, also Normalverhältnisse. Bei zweimaliger Fütterung ergaben sich ungünstige Ergebnisse, die bei einmaliger Fütterung noch schlechter ausfielen. Die hohen NQ sind dadurch zu erklären, daß allgemein zunächst der Betriebsbedarf gedeckt werden muß und dann erst die übrige Nahrung zum Baustoffwechsel verwandt wird. Nach Schäperclaus (22) kann, wie das auch von anderen Wirbeltieren bekannt ist, weder durch einen Nahrungsüberschuß als solchen noch durch Mangel an Nahrung die Größe des Betriebsstoffwechsels



Kurventafel 5.

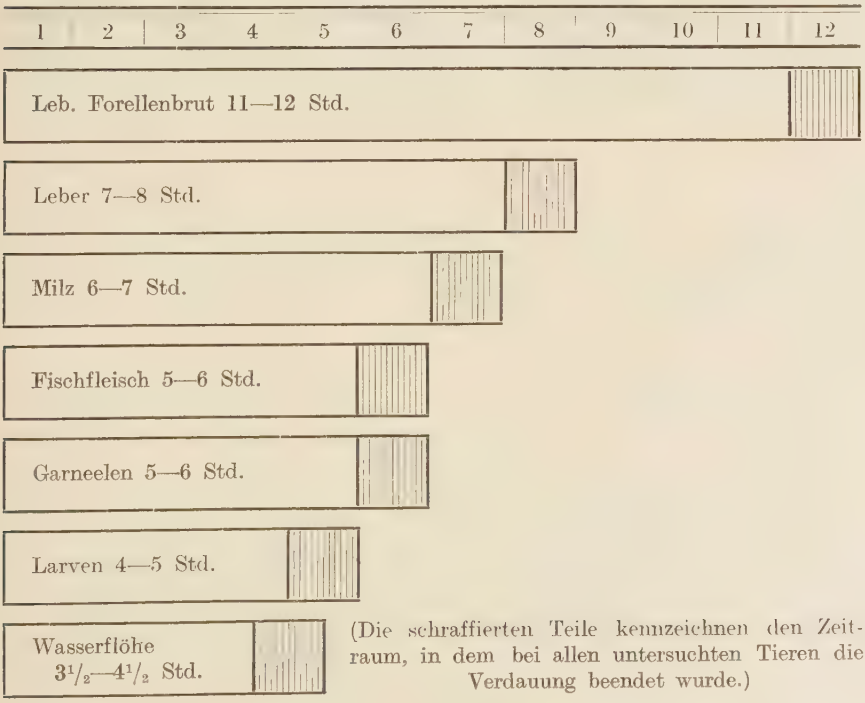
verändert werden. Reicht die zugeführte Nahrung nicht zur Bestreitung des Betriebsstoffwechsels aus, dann werden die Reservedepots des Körpers angegriffen. Letzteres hätte bei meinen Versuchen erreicht werden können, wenn ich bei der einmaligen Fütterung vielleicht nur die Hälfte der gegebenen Nahrung verabreicht hätte. Da festgestellt ist, daß Milz innerhalb von 6—7 Stunden verdaut wird (vgl. S. 561), ist eine dreimalige Fütterung das mindeste, um einen genügenden Anwuchs zu erzielen. Diese Forderung ist weiterhin gerechtfertigt, da die Forelle ein Tag- und Nachtfresser ist (Schäperclaus 22 S. 515), also nicht nur bei Tageslicht frißt, was ich auch in einem von mir angesetzten Versuch bestätigt fand. Ich fütterte einige Forellen während des Tages reichlich mit Gammariden. Nach Eintritt der Dunkelheit nahm ich die nicht gefressene Nahrung heraus und gab eine Portion Chironomiden. Vor Hellwerden untersuchte ich am nächsten Morgen die Aquarien und fand, daß ständig auch nachts gefressen wurde und zwar verhältnismäßig gleiche Gewichtsmengen wie am Tage.

e) Verdauungszeit verschiedener Futtermittel.

Über die Verdaulichkeit verschiedener Futtermittel habe ich unter Anwendung des von Wohlgemuth (41) gegebenen Verfahrens einige Untersuchungen ausgeführt. So stellte ich die Verdaulichkeit von Milz und Wasserflöhen fest und kam dabei zu den gleichen Ergebnissen wie Wohlgemuth. Weiterhin untersuchte ich die Verdaulichkeit der von Setzlingen gefressenen Forellenbrut. Dieses Ergebnis habe ich in die von Wohlgemuth veröffentlichte Übersicht eingetragen.

Verdaulichkeit verschiedener Futtermittel (in Anlehnung an Wohlgemuth 41).

Tab. 19.



(Die schraffierten Teile kennzeichnen den Zeitraum, in dem bei allen untersuchten Tieren die Verdauung beendet wurde.)

Von den zur gleichen Zeit gefütterten Forellen wurden stündlich je 2 getötet und untersucht. Schon nach 2 Stunden zeigten sich an Haut und Flossen der Futterfische die ersten Spuren der Verdauung. Nach 5 Stunden waren Flossen, Haut und Augen zersetzt und die Leibeshöhle geöffnet. Nach 7 Stunden waren bereits alle Teile des Körpers stark angegriffen und größtenteils zergangen (vgl. Abb. 4).

Nach 8 Stunden zerfielen die einzelnen Teile beim Herausnehmen. Nach 11 Stunden fand ich nur noch kleine Reste, die nach einer weiteren Stunde auch verschwunden waren. Es handelt sich bei der Brut um Nahrungsbrocken, die etwa 5 bis 6 v. H. des Körpergewichtes der Versuchsforelle ausmachten. Die verhältnismäßig lange Verdauungszeit ist entschieden auf die Größe der gereichten Brocken zurückzuführen. Bedauerlicherweise findet sich im Schrifttum keine

Abb. 4.

Angabe über die bei den Verdauungsvorgängen beteiligten Fermente, wie sie etwa Vonk (32) für den Hecht angegeben hat. Man geht aber wohl nicht fehl, wenn man die Verhältnisse beim Hecht auf die Forelle überträgt, da auch sie ein ausgesprochen carnivores Tier ist.

II. Vergleichende Untersuchungen der Nahrungsquotienten mit denen anderer Fische.

Eine vergleichende Betrachtung mit den im Schrifttum angegebenen Zahlen für den NQ läßt sich leider nicht durchführen, da, wie schon (S. 537) gesagt, Angaben über Temperatur und Sauerstoffgehalt des Wassers größtenteils fehlen. Nur Wanke (34—36) und Riggert (21) geben Temperaturen an. Bedauerlicherweise handelt es sich hier um verschiedene Futtermittel, so daß sie nicht zum Vergleich herangezogen werden können. Daß aber verschieden hohe Temperaturen einen

bedeutenden Einfluß auf den NQ ausüben, konnte ich in meinen Temperaturversuchen auf S. 551 nachweisen.

Da ich neben meinen Versuchen mit Regenbogenforellen gleichzeitig solche mit Bachforellen angestellt habe und zwar unter den gleichen Bedingungen, möchte ich diese zum Vergleich heranziehen. In Tabelle 20 habe ich die NQ und FP zusammengestellt.

Tab. 20.

Größe	Futtermittel	Fischart	Temp.	NQ	FP
Setzlinge	Gamm.	RF	9°	3,9	3,7
		BF (3)[1])	9°	3,3	3,0
	Chiron.	RF	9°	4,4	7,4
		BF (4)	9°	4.0	3,0
	Weißfi.	RF	10,0°	2,9	4,2
		BF (4)	9,5°	2,6	4,0
Brut	Daphn.	RF	13,0°	5,1	22,0
		BF (2)	13,0°	4,8	22,5
	Milz	RF	13,0°	3,3	16,0
		BF	13,0°	4,2	14,0

[1]) Die in Klammern angegebenen Zahlen bedeuten die Zahl der mit BF angestellten Versuche.

Aus der Tabelle läßt sich die bemerkenswerte Feststellung machen, daß für Bachforellen in sämtlichen Versuchen, die mit Naturfutter gemacht wurden, sowohl die NQ günstiger als auch die FP geringer sind als für Regenbogenforellen. Bei Milz, dem künstlichen Futtermittel, dagegen ist der NQ für Bachforellen ungünstiger, während auch hier die FP niedriger liegen. Trotz der nur geringen Abweichung der NQ voneinander liegt doch eine offensichtliche Übereinstimmung der Abweichungen vor. Diese Tatsache, daß die Regenbogenforellen die natürliche Nahrung schlechter und die künstliche Nahrung besser verwerten, machen sie besonders geeignet für die künstliche Zucht in Teichen.

Einen weiteren Vergleich möchte ich zwischen den von Scholz (27) gefundenen Werten für den NQ des einsömmerigen Hechtes und denen der Regenbogenforelle anstellen. Dazu habe ich wiederum die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengestellt.

Tab. 21.

Futtermittel	Fischart	Temp.	NQ	FP
Weißfische	RF	10° C	2,9	4,2
	Hecht	18° C	3,0	3—5
Chironomiden	RF	9,3° C	4,4	7,4
	Hecht	18° C	4—6	15—25
Gammariden	RF	9,2° C	3,9	3,7
	Hecht	18° C	11—12	11—12

Die angeführten Versuche sind bei Temperaturen ausgeführt, die jeweils für diejenige Fischart die günstigsten in bezug auf die Nahrungsverwertung sind.

Diese Temperaturen liegen für Regenbogenforellen um etwa 8° C tiefer als für den Hecht. Für Weißfische sind die NQ und die FP völlig übereinstimmend, was als Beweis dafür gelten kann, daß sich die Verdauungsfermente beider Fische ähneln. Da beide Fische ausgesprochen carnivor und Raubfische sind, ist das nicht weiter verwunderlich. Die NQ und FP für Chironomiden und Gammariden stimmen nicht überein, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß der einsömmerige Hecht in der Natur kein Kleintierfresser mehr ist.

D. Zusammenfassung.

1. Die Regenbogenforelle eignet sich infolge der weitgehend möglichen Herauslösung aus ihrem natürlichen Lebensraum besonders gut zur Feststellung des NQ in Aquarien.

2. Die Angaben und Versuche im Schrifttum lassen keine Vergleiche zu, da wichtige Angaben über Temperatur und Sauerstoffgehalt des Wassers fehlen.

3. Die NQ bei Brutfütterung ergaben folgende Werte: Bei Fütterung mit Daphnien 5,1 (13° C) und 6,4 (17° C), mit Milz 3,2 (13° C). Die NQ der Setzlinge: Bei Fütterung mit Gammariden 3,9 (9,2° C), mit Chironomiden 4,4 (9,3° C), mit Mischfutter 5,8 (15° C), mit Weißfischen 2,9 (10° C), mit Forellenbrut 6,0 (17° C), mit Milz 2,9 (14,1° C). Die NQ weichen für Brut und Setzlinge nicht voneinander ab.

4. Die FP zeigen folgende Werte: Für Brut bei Fütterung mit Daphnien 22 v. H. (13° C), 38 v. H. (17° C), mit Milz 16 v. H. (13° C). Für Setzlinge bei Fütterung mit Gammariden 3,7 v. H. (9,2° C), mit Chironomiden 7,4 v. H. (9,3° C), mit Mischfutter 9,5 v. H. (15° C), mit Weißfischen 4,2 v. H. (10° C), mit Forellenbrut 7,6 v. H. (17° C), mit Milz 10 v. H. (14,1° C). Die FP liegen für Brut erheblich höher.

5. Die bei verschiedener Temperatur ausgeführten Versuche haben gezeigt, daß das Optimum für den NQ um 9° C liegt, daß bei höherer und niedrigerer Temperatur der NQ ungünstiger wird. Für die FP liegen die Verhältnisse ähnlich, das Optimum liegt hier um 19° C.

6. Von Wichtigkeit ist das Eiweißverhältnis des Nahrungsmittels. Bei gleichen Umweltfaktoren haben wir bei dem engsten Eiweißverhältnis den günstigsten NQ.

7. Das Nahrungsmittel mit dem höchsten Wärmewert weist den günstigsten NQ auf.

8. Die Wärmewerte für 1 qcm Oberfläche, die nach dem Rubnerschen Oberflächengesetz innerhalb gewisser Grenzen übereinstimmen müßten, zeigen etwas breitere Schwankungen, die in der vielleicht nicht völligen Übereinstimmung der Umweltfaktoren im Einzelversuch und darin, daß die Forellen nicht ein und derselben Lokalrasse angehören, begründet sein können.

9. Die Fütterungsversuche mit verschieden hohem Sauerstoffgehalt des Wassers ergaben, daß der NQ mit steigendem Sauerstoffgehalt günstiger wird und die FP ebenfalls zunehmen. Das Optimum liegt für beide um 17 mg/l O_2. Versuche mit einem Sauerstoffgehalt unter 3 und über 22 mg/l O_2 führten zu keinem Ergebnis, da die Forellen eingingen.

10. Versuche bei verschieden häufiger Fütterung ergaben, daß die Forelle mindestens dreimal am Tage gefüttert werden muß, um nicht nur den Betriebsstoffwechsel zu decken, sondern auch einen Anwuchs zu erzielen.

Vorliegende Arbeit wurde in gütigem Einvernehmen mit Herrn Professor Dr. Hesse in der Landesanstalt für Fischerei in Berlin-Friedrichshagen angefertigt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Wundsch, Direktor der Landesanstalt für Fischerei, für seine Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit, sowie für die gütige Überlassung des reichlichen Materials meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Herrn Privatdozent Dr. Schäperclaus, Leiter der Abteilung für Fischkrankheiten an der Landesanstalt für Fischerei, bin ich für seine wertvollen Ratschläge zu größtem Dank verpflichtet.

Schriftenverzeichnis.

1. Arens, C., Die künstliche Fütterung der Forelle. Fischerei-Ztg. Bd. 3, 1900, S. 406.
2. Borne, M. von dem, Sechs amerikanische Salmoniden in Europa. Neudamm 1890, S. 12.
3. Buschkiel, L., Salmonidenzucht in Mitteleuropa. Handb. d. Binnenfischerei Bd. 4 S. 283—286. Stuttgart 1931.
4. Buschkiel, L., Der Einfluß von Licht, Wärme und Wasserbewegung auf das Wachstum und Wohlbefinden der Regenbogenforelle. Allg. Fischerei-Ztg. 1924, S. 183.
5. Cronacher, C., Züchtungslehre. Berlin 1929.
6. Demoll, Sägemehlbeifütterung und Raumfaktoreinwirkung bei Regenbogenforellen. Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 42, 1927, S. 386.
7. Ehrenbaum, E., Über Regenbogenforellen und Steelhead-Forellen. Allg. Fischerei-Ztg. 1926, S. 288.
8. Gaschott u. Probst, Fütterungsfragen bei der Forellenmast I. Internat. Revue d. ges. Hydrob. u. Hydrogr. 26, 1932, S. 293.
9. Geng, H., Der Futterwert der natürlichen Fischnahrung. Zeitschr. f. Fischerei Bd. 23, 1925, S. 137.
10. Heyking, Getrockneter Fisch von den Lofoten in Bayern als Forellenfutter. Fischerei-Ztg. 1911, S. 334.
11. Hesse, R., Tiergeographie. Jena 1924.
12. Hoffbauer, Über den Einfluß des Wasservolumens auf das Wachstum der Fische. Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 17, 1902, S. 103.
13. Jaffé, S., Die Futtermittel in der Teichwirtschaft. Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 14, 1899, S. 264.
14. Jaisle, K., Die deutsche Forellenzucht und ihre Absatzverhältnisse. Blätter f. landw. Marktforschung, Berlin Okt. 1931, S. 216.
15. Lindstedt, Ph., Untersuchungen über Respiration und Stoffwechsel bei Kaltblütern. Zeitschr. f. Fischerei Bd. 14, 1914, S. 193.
16. Linke, R., Das Wachstum der Forellen im Staubecken. Schweizer Fischerei-Ztg. XXVII, 1919, S. 203.
17. Otterström, C. V., Fütterungsversuche mit Forellen. „Beretning om Dansk Ferskvandsfiskeri", referiert von Pl. in Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 27, 1912.
18. Otterström, C. V., Fütterungsversuche mit Forellen. „Beretning om Dansk Ferskvandsfiskeri", referiert von Pl. in Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 28, 1913, S. 8.
19. Pölzl, F., Die Regenbogenforelle in Österreich (Gutachten der Forellenzucht- und Fischerei-Lehranstalt in Wagram a. d. Traisin). Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 16, 1901, S. 259.
20. Probst, E., Trockenmilz. Allg. Fischerei-Ztg. Nr. 4, 1932, S. 57.
21. Riggert, W., Fütterungsversuch mit frischen Seefischen im Sommer 1925. Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 42, 1927, S. 320.
22. Schäperclaus, W., Die natürliche Ernährung der jungen Bachforelle in Teichen. Zeitschr. f. Fischerei Bd. 26, 1928.

23. Scheuring, Beziehungen zwischen Temperatur und Verdauungsgeschwindigkeit. Zeitschr. f. Fischerei Bd. 26, 1928, S. 231.
24. Schiemenz, P., Die rationelle Bewirtschaftung unserer Bäche durch Forellenzucht. Deutsche Fischerei-Ztg. 29. Jahrgg. 1906, S. 120.
25. Schiemenz, P., Wann frißt der Fisch? Mitt. d. Fischereivereine f. d. Prov. Brandenburg Bd. 10.
26. Schiemenz, P., Zur Ernährung der Forelle. Deutsche Fischerei-Ztg. 1909, S. 187.
27. Scholz, C., Experimentelle Untersuchungen über die Nahrungsverwertung des ein- und zweisömmerigen Hechtes. Zeitschr. f. Fischerei Bd. 1932.
28. Seligo, Forellenzucht. Mitt. d. Westpreuß. Fischereivereins Bd. 12, 1900, S. 19.
29. Smolian, K., Merkbuch der Binnenfischerei. Berlin, II. Bd., S. 639—643.
30. Smolian, K., Merkbuch der Binnenfischerei. Berlin, I. Bd., S. 85.
31. Trogk, Fischzuchtgesellschaft, Vorzüglicher Abwachs von Regenbogenforellen. Fischerei-Ztg. Bd. 4, 1901, S. 299.
32. Vonk, H. J., Die Verdauung bei den Fischen. Zeitschr. f. vergl. Physiologie 5, 1927.
33. Walter, E., Einführung in die Fischkunde unserer Binnengewässer. Leipzig, S. 189.
34. Wanke, Welches sind die tatsächlichen Gestehungskosten streufertigen Forellenfutters? Allg. Fischerei-Ztg. 49, 1924, S. 56.
35. Wanke, Das neue streufertige und haltbare Forellenfutter „Salmona". Fischerei-Ztg. 28. Bd., 1925, S. 1020.
36. Wanke, Glänzendes Ergebnis bei ausschließlicher Verwendung von „Salmona". Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 51, 1926, S. 178.
37. Willer, Untersuchungen über das Wachstum bei Fischen. Zeitschr. f. Fischerei Bd. 25, 1927, S. 263.
38. Willer, Untersuchungen über das Wachstum bei Fischen. Zeitschr. f. Fischerei Bd. 26, 1928, S. 580.
39. Wohlgemuth, Kadavermehl als Forellenfutter. Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 31, 1916, S. 389.
40. Wohlgemuth, Forellenfütterungsversuche mit Kadavermehl und Blutmischmehl. Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 33, 1918, S. 239.
41. Wohlgemuth, Untersuchungen über die Verdaulichkeit verschiedener Brutfuttermittel. Allg. Fischerei-Ztg. Bd. 30, 1915, S. 271.
42. Wundsch, H. H., Nahrung, Verdauung und Stoffwechsel der Fische. In: Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere von Mangold. Berlin, 1931.
43. Wundsch, H. H., Die Arbeitsmethoden der Fischereibiologie. In: Abderhalden, Handbuch d. biol. Arbeitsmethoden IX, 2, II, 1927.

Lebenslauf.

Als Sohn des preußischen Staatsoberförsters, Forstmeister Otto Cornelius und seiner Ehefrau Ida, geb. Betzhold, wurde ich, Wolf Oskar Cornelius, am 10. Mai 1907 in Stettin geboren.

Ich besuchte das humanistische Gymnasium in Köslin und legte dort am 4. März 1929 die Reifeprüfung ab.

Im Mai 1929 wurde ich an der Universität Berlin immatrikuliert; dort legte ich auch nach acht Semestern am 23. Februar 1933 die mündliche Prüfung ab.